電気電子製品の環境規制に関する最新動向

● 八甫谷 明彦 ●

世界に広がる環境規制は情報の共有化や分析手法の標準化で乗り越える

デバイスの記事　システムの記事



欧州連合（European Union，以降EU）で電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令 RoHSが施行された．これを追う形で日本や中国など世界各国で環境に対する規制が施行または検討されている．これらの規制に正しく対処するためには分析手法の標準化や，部品メーカ，機器メーカなどにおける情報の共有化が欠かせない．（編集部）

皆さんは環境に対する取り組みは必要だと考えているでしょう．しかし，自分の関係している部品や製品が環境対応しているかどうかは知っていても，なぜ必要なのか，どのように対応しているのかわからない人が多いかもしれません．

2006年7月からRoHS（ローズ）（Restriction on Hazardous Substances）指令がEUで施行され，環境規制はますます世界中に広がっており，他人ごとでは済まされない状況になってきています．ここでは環境規制の動向，環境負荷分析および環境代替技術などについて紹介します．開発や設計，製造，販売にかかわっている方々に参考にしていただければと思います．

● EU，日本，中国における環境規制の動向

(1) 2006年7月1日に施行されたRoHS指令

RoHS指令とは，電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令です．2006年7月1日以降，**表1**に示すような鉛（Pb），水銀（Hg），カドミウム（Cd），六価クロム（Cr^{6+}），ポリ臭化ビフェニル（PBB），ポリ臭化ジフェニル・エーテル（PBDE）の6物質を，一部の例外を除きEU市場に「上市」される電気電子機器に最大許容濃度を超えて含んではいけないという内容です．上市とは，EU域外から製品や部品が輸入される場合は，通関時点を指し，EU域内に製造拠点をもつ場合には，域内の工場から出荷され，販売店を含む別拠点に入荷した時点を言います．

EUでは，このRoHS指令より約1年前の2005年8月13日にWEEE指令（Waste Electrical and Electric Equipment；電気電子機器の回収・リサイクルを進める指令）が施行されています．WEEE指令は電気電子製品の廃棄，リサイクルに関するものです．これら二つの指令は別々なものではなく，RoHS指令はWEEE指令の一部であり，セットで運用される環境規制になっています．

表2にWEEE指令およびRoHS指令の対象品目および製品例を示します．広範囲の電気電子機器が対象になっており，WEEE指令では10項目に分類されています．RoHS指令はこの分類8と分類9を対象外としています．また，**表3**に適用除外例を示します．適用除外が存在する理由は大き

表1　RoHS指令による規制対象物質とその最大許容濃度

規制対象物質	最大許容濃度	影響度
鉛（Pb）	0.1％（1000 ppm）	貧血，食欲不振，頭痛など
水銀（Hg）	0.1％（1000 ppm）	肺水腫，腎障害，皮膚/目への刺激，運動失調など
カドミウム（Cd）	0.01％（100 ppm）	肝臓・腎臓障害，目への刺激，食欲不振など
六価クロム（Cr^{6+}）	0.1％（1000 ppm）	皮膚/粘膜の潰瘍，気管支炎，腎障害など
ポリ臭化ビフェニル（PBB）	0.1％（1000 ppm）	内部記憶力の減衰，中枢神経症状，甲状腺ホルモンかく乱作用など
ポリ臭化ジフェニル・エーテル（PBDE）	0.1％（1000 ppm）	甲状腺ホルモンかく乱作用など

KeyWord　RoHS，ローズ，ロース，WEEE，回収，リサイクル，有害物質，J-MOSS，Rマーク，グリーンマーク，中国版RoHS，グリーン調達，JGPSSI，JIG，EIA，EICTA，環境負荷分析

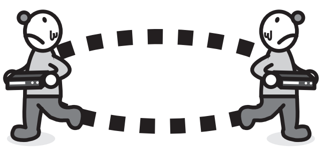


表2 WEEE指令およびRoHS指令の対象品目および製品例

- 対象商品：交流1000V，直流1500Vを超えない定格電圧で使用される製品に適用
- 2006年7月1日までに上市された機器の交換用部品，機器の再利用については適用除外

分類	対象品目	製品例	WEEE	RoHS
1	大型家庭用電気製品	冷蔵庫，洗濯機，食器洗い機，電子レンジ，エアコンなど	適用	適用
2	小型家庭用電気製品	電気掃除機，編み機，アイロン，ヘア・ドライヤ，トースタなど	適用	適用
3	IT・電気通信機器	パソコン，プリンタ，複写機，ファックス，電話など	適用	適用
4	民生向け機器	ラジオ，テレビ，ビデオ，オーディオ・アンプ，電気楽器など	適用	適用
5	照明器具	蛍光灯，放電灯，高輝度照明など	適用	適用
6	電動工具（大型の据え付け型製造業工具を除く）	ドリル，のこぎり，旋盤，フライス盤，研磨盤，はんだごてなど	適用	適用
7	玩具，レジャー用機器	ビデオ・ゲーム機，携帯型ビデオ・ゲーム機，スポーツ器具など	適用	適用
8	医療関連機器（すべての移植機器および汚染機器を除く）	透析装置，放射線療法機器，心電図測定器，人工呼吸器，分析器など	適用	適用外
9	監視機器および制御機器	煙検知機，熱制御器，サーモスタット，監視測定機器など	適用	適用外
10	自動販売機	ホット・ドリンク販売機，現金交換機など	適用	適用

く三つあります．有害物質を代替することが大きな経済的ダメージをもたらす場合，対象物質を代替することが技術的に困難な場合，そして代替によって生じる環境上のマイナス影響のほうが代替によってもたらされる便益よりも大きくなってしまう場合です．注意が必要なのはこれら適用除外例は永遠に不変でなく，見直しを行い，徐々に適用除外から適用にする方向に向かっていることです．

WEEE指令とRoHS指令の違いを簡単に説明します．RoHS指令は有害物質を含んだ製品を市場に入れないようにするためのもので，製品を製造，販売する場合に影響を受けます．WEEE指令は廃棄する電気電子機器の分別回収や再利用，リサイクル，処分，処理のためのもので，消費者が機器を手放した後に影響を受ける内容になっています．

EUは独自の法体系を持っており，EU理事会とEU委員会が制定する法令は五つに分類され，拘束力の強い順に規制（regulation），指令（directive），決定（decision），勧告（recommendation），意見（opinion）となっています．RoHSはこの中で2番目に拘束力の強い指令です．EU指令は発行されてもそのまま効力を発揮するのではなく，EU加盟国の国内法への落とし込みと施行は加盟各国に委ねられることになっています．加盟国によっては，RoHS指令よりも厳しい国内制定がありえるので注意が必要です．

もし，RoHS指令違反が出た場合，どのような影響がでるのでしょうか．企業のブランド・イメージが著しく傷つくことはもちろん，各国内法に基づいた罰則を受けることになり，最悪，出荷停止や回収になることも考えられます．

環境先進国であるオランダでは，RoHS指令より早い1999年から，プラスチックに含まれるカドミウムの含有量を0.01％（100ppm）未満に規制していました．2001年10月に，ある日本の電気製品から規制値を超えるカドミウムが検出され，税関で輸入を禁止し，部品交換を迫った事例もあります．

表3　規制対象物質別の適用除外例

規制対象物質	適用除外例
鉛（Pb）	● 冷陰極管，電子部品および蛍光管のガラスに含まれる鉛 ● 合金成分として鋼材に含まれる0.35％までの鉛，アルミ材に含まれる0.4％までの鉛，銅材の4％までの鉛 ● 高融点はんだ（鉛含有率が85％を超える錫/鉛はんだ合金） ● サーバ，ストレージおよびストレージ・アレイ・システムのはんだ（2010年まで） ● スイッチ，シグナル，電送用ネットワーク，インフラ装置および通信管理ネットワークのはんだ
水銀（Hg）	● ランプ1本当たり5mgを超えない範囲の小型蛍光灯に含まれる水銀 ● 玩具並びにレジャー，スポーツ器具 ● 特別な目的用の直管蛍光灯に含まれる水銀 ● 付属書にとくに定められていないその他のランプに含まれる水銀
カドミウム（Cd）	● 指令76/769/EECの改正指令91/338/EECに基づき禁止された用途を除くカドミウム表面処理
六価クロム（Cr^{6+}）	● 吸収型冷蔵庫中のカーボン・スチール冷却システムの防錆用としての六価クロム

（2）日本もEUのRoHS指令施行に合わせJ-MOSSを施行

RoHS指令に準じる環境規制は，EUだけでなく世界中に影響を与え，各国で類似した規制が次々に出てきています．このようなことから，EU向け製品にだけ対応すればよいというのではなく，環境に対し全世界的に対応するという姿勢が必須となってきています．

日本でもEUのRoHS指令施行に合わせて，規制強化や法改正などが行われます．具体的には，J-MOSSと呼ばれているJIS規格が，2005年12月20日に情報開示の規定として制定されました．正式名称は「電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法」で，国内で販売される電気製品において化学物質の含有表示を標準化したものです．制定の趣旨は，電気電子機器に含まれる特定の化学物質の含有表示方法を標準化することによって，サプライ・チェーンおよびライフ・サイクル各段階の事業者における特定の化学物質の管理の改善を促進するとともに，一般消費者の

理解を容易にし，資源の有効な利用および環境負荷の低減を図り，適切に管理された電気電子機器をより普及させることを目的としています．

対象となる電気製品は，1）パーソナル・コンピュータ，2）ユニット形エア・コンディショナ，3）テレビ受像機，4）電気冷蔵庫，5）電気洗濯機，6）電子レンジ，7）衣類乾燥機，の7品目です．対象となる物質や最大許容濃度はRoHS指令と同じになっています．施行は2006年7月1日からとなっています．この対象7品目において，6物質が指定の基準値を超えて含有されている場合は，機器本体および機器の包装箱，カタログ類へ**図1（a）**のような含有マーク（Rマーク，オレンジ色）を表示することが義務付けられています．また，6物質の含有が基準値以下の場合は，**図1（b）**のような非含有マーク（グリーンマーク，緑色）を任意で表示できます．なお，表示に際しては，表示方法を定めたJIS規格（JIS C 0950）を順守する必要があります．

（3）中国版RoHSの動向にも注目

世界の工場であり，製品大量消費国でもある中国においても，統括環境政策の重視が掲げられており，工場からの汚染を防ぐことを目的とした法規制だけではなく，製品への有害化学物質の含有およびその廃棄段階に対する規制も強化されています．そのような中で制定されたのが「電子情報製品汚染制御管理弁法」であり，一般には中国版RoHSと呼ばれています．2006年2月28日に公布され，施行予定は2007年3月1日になっています．

RoHSと呼ばれていますが，欧州のRoHS指令とは異なっており，おもな規制は2段階に分かれています．この「弁法」が効力を発する2007年3月1日からが第1段階で，この段階においては，流通在庫を含む中国内で販売される電子情報製品については，「環境保護使用期限」，「リサイクルの可否」，有毒有害物質の「物質名」と「含有量」を表示しなくてはなりません．そのため，製造事業者は流通在庫までを想定して事前に準備を進めておかなければなりません．2007年3月1日以降に情報を開示していない製品を販売することはできず，その責任は販売事業者にかかるため，製造事業者はその旨を販売事業者あるいは輸入事業者に通知しておく必要があります．

対象となる電子情報製品には，電子デバイスや電子部品，それらを構成する電子材料まで含まれます．規制対象物質は欧州RoHS指令の6物質だけではなく，一部の製品については国が指定した有害物質と元素の規制も検討されています．



（a）含有マーク
（Rマーク，オレンジ色）

（b）非含有マーク
（グリーンマーク，緑色）

図1　J-MOSSの表示

グリーンマークは電子情報技術産業協会が商標出願済み（商願2005-081039）．

第2段階においては，認証管理が行われることになります．管理目録にリストアップされる電子情報製品に対しては，国家認証認可監督管理委員会が法律に基づき，強制製品認証管理を行わなければならないことになっています．ただし認証管理が実施される明確な時期については言及されていません．中国版RoHSについては，まだ確定してない項目が多数あり，今後の動向が注目されています．

● 化学物質の管理・分析は業界全体で行うべき

電子機器は数百から数千点の部品点数から構成されています．また，一つの部品もいくつかの物質から構成されており，RoHS規制物質のありなしを判定するのは，膨大な作業であることが想像できると思います．電気・電子機器メーカは，最終製品を構成するサプライ・チェーン全体で，RoHS規制物質の管理や環境負荷分析を行うことが必須となっています．

RoHS指令対応が始まる以前から環境マネジメントの一環としてISO 14001などの標準規格の認定を取得するなど，環境経営戦略の一環として環境負荷の低減に取り組んでいる企業は多く，1990年代終わりごろから一般的にグリーン調達という環境への負荷が低い部材を調達する取り組みが行われてきました．これに加えて，RoHS指令への対応では，サプライ・チェーンである機器メーカから部品メーカ，部品メーカから材料メーカに対し，含有される化学物質の成分表や分析データ，規制物質の含有量証明書などの提出を要求する傾向があります．

RoHS規制の解釈や取り組みはメーカによって温度差があり，さまざまな要求も出ていました．日本では化学物質管理の効率の良い手法をサプライ・チェーン全体で共有するために，2001年ごろから，管理項目やグリーン調達の対象物質，環境負荷分析方法などを標準化する動きがありました．機器メーカとそのサプライヤなどを含む86社6団体（2006年4月現在）が参画するグリーン調達調査共通化協議会，いわゆる

JGPSSI(Japan Green Procurement Survey Standardization Initiative)では，調査管理対象となる化学物質や調査フォーマットを検討し，2003年に共通ガイドラインとして29物質群を対象(現在は24物質群)として，調査用フォーマットを統一し，データのやり取りに利用できる無償の推奨ツールを作成しました．その後この活動は，米国電子連合会(EIA：Electronic Industries Alliance)や欧州情報通信技術製造者協会(EICTA：European Information and Communications Technology Industry Association)などの海外業界団体と共同で標準化を推進し，2005年5月26日にJGPSSIとEIA，そして半導体業界の標準化団体JEDECとの合意により，ジョイント・インダストリ・ガイドライン(JIG：Joint Industry Guideline)を発表しました．JGPSSIはJIGに対応したグリーン調達調査と，マネジメント体制のガイドラインの二つを国際標準にすることを目ざし，国際電気標準会議であるIEC(International Electrotechnical Commission)に提案しています．

● 環境負荷分析――解釈の違いで合否が変わる？

機器メーカや部品メーカ，材料メーカが，それぞれの段階でRoHS規制物質のありなしを判定するために環境負荷分析を行っています．分析にはさまざまな方法がありますが，ここでは機器メーカが一般的に行っているRoHSに対応した環境負荷分析の代表的な例を紹介します．

機器メーカは部品メーカからさまざまな部品やユニット品を購入します．部品の中には筐体，プリント配線板，電子部品などがあります．ユニット品とは半製品のようなものであり，ノート・パソコンを例にとるとハード・ディスク装置，光ディスク装置，液晶パネルなどがあります．

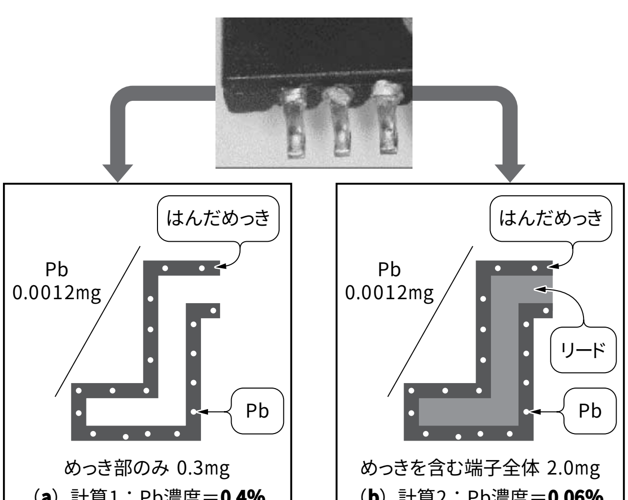


図2　均質物質の解釈の違いによって規制対象物質の濃度が異なる例
濃度を計算するときに分母をどうとるのかが判定に大きく影響する．

部品やユニット品は複数の物質から構成されているため分解を行います．その際，どこまで分解して測定するのかがポイントになります．RoHS指令のガイダンス・ノートには「均質物質」の定義があり，機械的に別々に分離できない材料としています．均質物質としてプラスチックやセラミックス，ガラス，金属，合金，紙，ボード，樹脂，コーティングが例として挙がっており，それぞれが最大許容濃度の規制を受けます．「機械的に別々に分離」の定義は，ねじを外したり，切断，粉砕，研削，研磨といった機械的作業による材料の分離となります．

図2に均質物質の解釈の違いによって規制対象物質の濃度が異なる例を示します．計算1は，半導体のリードにはんだめっきが施されており，分母をめっきだけの重量，分子を鉛(Pb)の重量としてPb濃度の計算をした例です．濃度は0.4％となり，RoHS指令の最大許容濃度0.1％を超えてしまいます．これに対して，計算2は，分母をめっきを含む端子全体の重量，分子をPbの重量として計算するので，Pb濃度は0.06％となり，最大許容濃度0.1％を下回ります．このようなことから均質物質をどこまでと考え，濃度を計算するときに分母をどうとるのかが判定に大きく影響し，重要なポイントとなっています．

次に分析機器を用いて測定します．**図3**にその流れを示しています．まずは規制6物質の元素について，蛍光X線装置を用いてスクリーニング分析を行います．蛍光X線分析の原理を**図4**に示します．**図4**のように被測定物にX線を照射すると，被測定物に含まれる元素特有の蛍光X線が発生します．この蛍光X線を検出器で検出し，エネルギーから元素の種類を，X線の強さから元素の濃度を算出します．規制6物質のうち，鉛(Pb)，水銀(Hg)，カドミウム(Cd)は元素そのものなので蛍光X線分析でそのまま測定できます．しかし，六価クロム(Cr^{6+})はイオン物質であり，ポリ臭化ビフェニル(PBB)やポリ臭化ジフェニル・エーテル(PBDE)は化合物ですから，蛍光X線分析では，総クロム(Cr)，総ブロム(Br)までしか測定できません．

続いて詳細分析に移ります．詳細分析は，蛍光X線分析でOKやNGと判定できない場合や，イオン物質や化合物の判定を行うものであり，さまざまな分析手法があります．スクリーニング分析と詳細分析には，それぞれメリットと

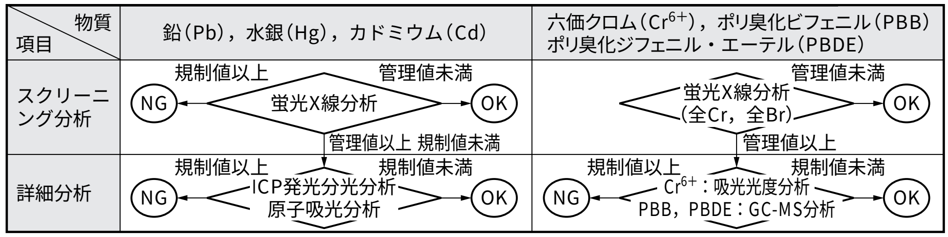


図3 RoHS対応物質の分析フローおよび分析法
まずは規制6物質の元素について，蛍光X線装置を用いてスクリーニング分析を行う．

デメリットがあります．スクリーニング分析の事実上の業界標準である蛍光X線分析は，試料の調整，測定時間の簡便性で優れています．しかし，詳細分析と比べると定量性に乏しい面があります．また，精密分析法では，試料を化学薬品を使い完全に溶かし，さまざまな分析装置を使って測定します．精密分析法は優れた定量性をもっている一方，試料の前準備が必要であり，結果算出までに時間を要します．それぞれの分析法の特徴を理解し，実際の運用に反映することが重要です．

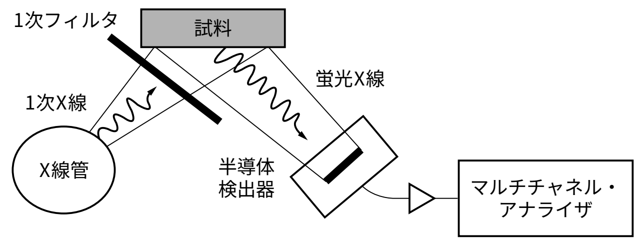


図4 蛍光X線分析の原理
被測定物にX線を照射すると，被測定物に含まれる元素特有の蛍光X線が発生する．この蛍光X線を検出器で検出し，エネルギーから元素の種類を，X線の強さから元素の濃度を算出する．

● 研究が続けられる環境代替技術――鉛フリーはんだは対応が一巡

規制6物質の代替技術は各企業や研究機関で研究，開発され，採用に至っています．ここでは電気電子機器に不可欠なはんだ中の鉛(Pb)の代替技術について紹介します．従来，電気電子製品内部のプリント配線板と電子部品の接続には，鉛とすずの合金であるはんだが長年使用されてきました．これは資源が豊富なため低コストであり，融点が183℃と低いのではんだ付けの際に電子部品に対して熱のダメージが少なく，扱いやすいといったメリットがあったからです．しかし，鉛入りのはんだは，製造過程や使用時には問題はないのですが，埋め立て地などに廃棄された製品から酸性雨により鉛が流出して河川や地下水を汚染し，それが動植物の体内に蓄積され，やがては人体にも悪影響を及ぼす危険性がありました．そこで鉛を除いた鉛フリーはんだの開発が進められ，さまざまな組成の合金が検討されました．開発のポイントの一つとして，いかに鉛とすずのはんだの融点に近づけるか，つまり，どこまで低融点化が可能かという観点で材料開発が進められました．その結果，いくつかの組成が採用に至っていますが，現在はすず，銀，銅の合金が事実上の業界標準として採用されています．この合金の融点は220℃付近であり，従来の鉛入りはんだより，30℃から40℃も融点が高くなっています．この高融点に対応するため，電子部品やプリント配線板，製造設備も耐熱性を向上させてきました．また，そのほかの課題に対しても，製品や部品，材料，プリント配線板，製造設備の各メーカや大学，学会，協会などが連携を密にして取り組み，鉛フリー化を達成してきました．世界の中でも日本はこの技術への対応は早く，2004年度末には多くのメーカが対応完了と発表しています．

参考・引用*文献

(1) 青木正光；世界の環境規制動向の背景とその対応状況，エレクトロニクス実装学会誌，vol.8 no.5，pp.370-377，2005年8月号．
(2) 片岡功；RoHS指令等各国有害物質規制の最新状況，JEITA鉛フリー化完遂緊急提言その後の活動報告書，pp.17-43，2006年4月．
(3) W.ARAKI, K.MIZOROKI, M.OKI and M.TAKENAKA；Test Method for the Presence or Absence of Pb in Electrical Components Using Energy-Dispersive Micro X-ray Fluorescence，日本分析化学会HP-学会誌 Analytical Science，vol.21 no,7，p.869，2005年7月号．
(4) WEEE&RoHS研究会；よくわかるWEEE&RoHS指令とグリーン調達，日刊工業新聞社．
(5) エスアイアイ・ナノテクノロジーのホームページ．http://www.siint.com/technology/xrf_analysis.html(蛍光X線に関する解説)

はっぽうや・あきひこ （株）東芝 PC＆ネットワーク社

<筆者プロフィール>
八甫谷明彦．東芝PC＆ネットワーク社PC開発センター実装開発センター所属．現在，ノート・パソコンやハード・ディスクなどディジタル機器のプリント配線板，実装技術の開発および物理化学分析，環境負荷分析に従事している．